

INGENIEUR BIURO
DER
RUSSISCHE TECHNISCHE REGIERUNGSKOMMISSION

Berlin-Oberschönauwalde, den 25.10.1945 Appellatstraße 79	Verteiler: Oberst Bertinoff 1 x Major Rubinstein 4 x IB 1 x
Technischer Bericht: IB - Hg. 102 a	
Titel: Die Bauelemente der hochvakuumdichten Stromdurchführung und ihre fertigungstechnische Vorbereitung.	Textblätter ... 18... (m. Deckblatt usw.) Bildblätter ... 6... mit 13 BildernFotos undOszillogramme

Inhaltsübersicht

	Seite
A) Werkstoffe.	
1. Die Keramik	1
2. Das Lötmetall	2
3. Die Hülsen	2
B) Konstruktive Gestaltung der Durchführungsteile.	
1. Allgemeines	3
2. Entwicklung der Hülsenform	5
3. Gesamtaufstellung der Durchführungsteile	9
C) Zusammenbau der Durchführung.	
1. Zusammensetzen des Durchführungskopfes.	
a) Die Schweißeinrichtung	12
b) Das Schweißen	12
c) Prüfen auf Achsrichtung und Glätten	13
d) Die Abdrückvorrichtung	13
e) Das Abdrücken	14
2. Vorbereitung des Hülsen-Löttraumes.	
a) Präparieren mit Keramiklack	14
b) Einbringen der Quecksilberdampf-Dichtung	15
c) Einlegen des Löt silbers	15
3. Aufdrücken der Hülsen auf die Keramik.	
a) Die Drückvorrichtung	16
b) Das Drücken	16
c) Lackieren der zusammengesetzten Durchführung	17
Anhang: 13 Abbildungen	

SECRET

INGENIEUR BÜRO
DER
RUSSISCH-TECHNISCHEN REGIERUNGSKOMMISSION

Berlin-Oberschönweide, den 25.10.1945
Zeppelinstraße 79

Technischer Bericht: IB - Hg 102 a

Titel: Die Bauelemente der hochvakuumdichten Stromdurchführung und ihre fertigungstechnische Vorbereitung.

Verteiler:
Oberst Bertinoff 1 x
Major Rubinstein 4 x
IB 1 x

Textblätter ... 18 ...
(m. Deckblatt usw.)
Bildblätter ... 6 ...
mit 15 Bildern
..... Fotos und
..... Oszillogramme

Inhaltsübersicht

	Seite
A) Werkstoffe.	
1. Die Keramik	1
2. Das Lötmetall	2
3. Die Hülsen	2
B) Konstruktive Gestaltung der Durchführungsteile.	
1. Allgemeines	3
2. Entwicklung der Hülsenform	5
3. Gesamtaufstellung der Durchführungsteile	9
C) Zusammenbau der Durchführung.	
1. Zusammensetzen des Durchführungskopfes.	
a) Die Schweisrichtung	11
b) Das Schweißen	12
c) Prüfen auf Achsrichtung und Glätten	13
d) Die Abdrückvorrichtung	13
e) Das Abdrücken	14
2. Vorbereitung des Hülsen-Löttraumes.	
a) Präparieren mit Keramiklack	14
b) Einbringen der Quecksilberdampf-Dichtung	15
c) Einlegen des Löt-silbers	15
3. Aufdrücken der Hülsen auf die Keramik.	
a) Die Drückvorrichtung	16
b) Das Drücken	16
c) Lackieren der zusammengesetzten Durchführung	17
Anhang: 15 Abbildungen	

SECRET

- 1 -

Verkeiffg.Die Keramik.

Die wichtigsten Voraussetzungen für den Bau pumpenloser Gleichrichter, ist die hochvakuumdichte Stromdurchführung. Grund ihrer Zusammensetzung aus Keramik und Metall ist sie auch ein empfindlicher Bestandteil desselben; auf ihrer Bestandfähigkeit gegen mechanische und thermische Beanspruchung beruht im wesentlichen die Lebensdauer des Gleichrichters. Aus diesem Grunde ist der Entwicklung einer temperaturfesten hochvakuumdichten Stromdurchführung von Anfang an größte Aufmerksamkeit gewidmet worden. Zu der Zeit, als die Entwicklung einer solchen Durchführung in Angriff genommen wurde, gab es schon verschiedene Verfahren für die hochvakuumdichte Verbindung keramischer Körper mit Metall. Alle diese Verfahren beruhten auf Vernetzisierung der Keramik und anschließendem mechanischen Lüten mit Hart- oder Weichlot.

Zu neuerer Zeit wurde die Vernetzisierung durch Aufsintern von Schwermetallpulvern bevorzugt angewendet. Bei diesem Verfahren werden die einzelnen Metallteilchen unter bestimmter Sinterbedingungen und hoher Temperatur in die Keramikoberfläche eingebrannt; durch Reaktion der Schwermetallpulver mit der als Keramik verwendeten Magnesiumsilikat, gehen die Metallteilchen eine feste Verbindung mit diesem ein. Das Lüten erfolgt durch Heizung und Eindringen des Lötmetalles in den porösen Sinterbelag.

Der AEG wurde keines dieser Verfahren übernommen, sondern den Weg beschritten, der mit geringeren Herstellungsaufwänden mindestens die gleiche Leistungsfähigkeit der fertigen Durchführung versprach. Es wurde dabei auf eine Beobachtung Rücksicht genommen, die an einer dünnen silberbelagten Platte aus Magnesiumsilikat gemacht wurde. An dieser Platte wurde eine Diffusionsvorrichtung, die zwecks Ausschaltung äußerer Sinterbedingungen unter Vakuum vorgenommen werden konnte, zur Diffusion, die in diesem Falle von Silber in die

- 2 -

zwischen Silber und Keramik zu erkennen war. Weitere Versuche führten zu der Erkenntnis, daß neben der Diffusion auch eine chemische Reaktion an der Bindung beider Stoffe beteiligt sein muß. Unter den verwendeten Versuchstücken befanden sich Magnesiumsilikate mit dunklerer Färbung und gerade diese Stücke zeigten eine auffallend gute Festigkeit der Bindung. Dieser Beobachtung nachgehend, wurde als Ursache der Färbung die Anwesenheit von Eisen nachgewiesen, das durch den Brennprozeß in sauerstoffhaltiger Atmosphäre in Doppelsilikat $Fe_2O_3 \cdot MgO$ gebunden war.

Nach Abmachungen mit der Herstellerfirma wurde von dieser das Brennverfahren auf die Erfordernisse des Lötprozesses abgestimmt. Die fertigen, auf Maß geschliffenen Keramikzylinder wurden bei $1200^{\circ}C$ unter Sauerstoffzutritt nachgebrannt und an der Oberfläche mit Eisen in der genannten Verbindung angereichert. Der Fabrikname des verwendeten Magnesiumsilikates ist "Frequenta", es wird aus Speckstein, mit etwa 4% Titandioxyd als Flussmittel, hergestellt. Ein ähnliches Magnesiumsilikat mit dem künstlichen Ausgangsmaterial Talkum, ist für das Lötverfahren nicht brauchbar.

2. Das Lötmetall.

Nach anfänglichen Lötversuchen mit Silberlegierungen, besonders Ag-P und Ag-Mn, die die chemische Reaktion mit dem Magnesiumsilikat fördern sollten, wurde später auf die Verwendung von reinem Silber übergegangen. Gute Ergebnisse wurden nur mit ganz geringen Beimengungen der genannten Stoffe erzielt, so daß die es sich auch im reinen Silber vorhandenen geringen Spuren, denselben Zweck erfüllen und besondere Zusätze überflüssig machen.

3. Die Hülsen.

Aus wirtschaftlichen und schweißtechnischen Gründen wurde für die mit der Keramik zu verbindenden Metallteile (Hülsen), ein nahtlos gezogenes Eisen von etwa 50 kg/cm^2 Festigkeit und ca 0,15% Kohlenstoffgehalt, verwendet. Der Gehalt an Phosphor und Schwefel liegt unter 0,05%, der Mangan Gehalt bei ca 0,5%. Bis heute wurde nur dieses Material verwendet, es hat beim Drehen, Löten und Schweißen allen Anforderungen entsprochen.

- 3 -

- 3 -

Konstruktive Gestaltung der Durchführungsteile.

Allgemeines.

Die einfachste Form einer Strahldurchführung kann man sich als einen keramischen Hohlzylinder vorstellen, der an einem Ende mit dem Metall des Entladungsgefäßes vakuumdicht verbunden ist und dessen anderes Ende den ebenfalls vakuumdicht angesetzten Metallleiter trägt. Von dieser Grundform ausgehend, unter besonderer Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse und Anforderungen, ist die Durchführung entwickelt worden. Maßgebend für die Ausführung der Metall-Keramik-Verbindung sind die Herstellungs- und betriebsmäßigen Ansprüche. In beiden Fällen handelt es sich in der Hauptsache um mechanische Beanspruchungen, die von den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen des miteinander in Kontakt stehenden Materials hervorgerufen werden. Aus wirtschaftlichen Gründen ist für die Metallanschlußteile von der Verwendung einer besonderen Legierung, mit angepaßtem Ausdehnungskoeffizienten, abgesehen worden. Es wurde ein handelsübliches, magnetlos gezogenes Eisenrohr gewählt, dessen Wärmeausdehnung etwa doppelt so groß, wie die der Keramik ist. Mit dieser Wahl ist man vor die Aufgabe gestellt, die unvermeidliche Spannung in einer Weise sich auswirken zu lassen, daß für Lötverbindung und Keramik kein Schaden entstehen kann. Die Druckfestigkeit der verwendeten Keramik ist etwa zwanzigmal so groß (10000 kg/cm^2), wie die Zugfestigkeit (500 kg/cm^2). Es liegt also nahe, die auftretende Spannung als Druckspannung auf den Keramikzylinder wirken zu lassen. Das ist offensichtlich dann der Fall, wenn das Eisen den Keramikzylinder ringsum von außen umfaßt und so, beim Abkühlen nach dem Lötprozeß, eine Spannung als radiale Druckkraft auf ihn übertragen kann. Das Verhalten und die Größe dieser Kraft ist für die Haltbarkeit der Lötung ausschlaggebend. Der Vorgang beim Anschließen verhält sich an einem einfachen Beispiel einer röhrenförmigen Struktur erzeugen.

In Fig. 1 ist ein Keramikzylinder mit einem Metallleiter als Ring gezeichnet. Zwischen beiden Körpern findet sich ein Spalt für die Aufnahme des Lötmetalls, das sich beim Abkühlen

- 4 -

- 4 -

Esse nirgends in Berührung mit der Keramik, Kraftwirkungen von ihm können nur über das Silber auf die Keramik übertragen werden. Das Silber bildet im flüssigen Zustande, bei etwa 1000°C , eine zähe aber sehr nachgiebige Verbindung zwischen Eisen und Keramik. In diesem Zustand treten keine Materialspannungen in Erscheinung, sie werden durch das flüssige Lot vollkommen ausgeglichen. Erst nach erfolgter Lötung und beginnender Abkühlung, treten unterhalb des Silber-Erstarrungspunktes die ersten Druckspannungen auf, die aber zunächst keine nennenswerte Größe annehmen, weil sie von dem glühend plastischen Zustand beider Metalle weitgehend ausgeglichen werden. Mit der Temperatur weiter ab, dann kommt schließlich ein Punkt, an dem die plastische Verformbarkeit des Eisens aufhört und die beginnende elastische Verformung stärkere Kräfte auf den Zylinder abstrahlt.

Die Druckspannungen des Silbers können demgegenüber als gering angesehen werden, obwohl seine Wärmeausdehnung noch über der des Eisens liegt. Das Silber ist selbst bei Raumtemperatur so wenig elastisch und weich, daß es ohne den umschließenden Eisenzug der Keramik in keiner Weise gefährlich werden könnte. Für die weiteren Betrachtungen scheidet also das Silber als Erzeuger kritischer Spannungen aus, seine Aufgabe erschöpft sich nur in der Druckübertragung zwischen Eisen und Keramik.

Im weiteren Verlauf der Abkühlung und Schrumpfung wird der Eisenzug mehr und mehr gedehnt und der Druck auf Silber und Keramik stärker. Diese elastische Druckwirkung ist erwünscht, sie gibt überhaupt erst die Möglichkeit einer, in gewissen Grenzen temperaturfesten, hochvakuumdichten Verbindung zwischen zwei Metallen mit so unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten, wie im vorliegenden Falle. Die elastische Spannung des Eisens ermöglicht die dauernde Aufrechterhaltung einer für die Verbindung Silber-Keramik nützlichen Druckkraft, solange die thermischen Beanspruchungen nicht über den Punkt hinausgehen, an dem die Festkraft des Eisens aufgebraucht ist. Nach der Überwindung dieser Temperatur geht die Druckspannung allmählich in Zugspannung über, die in kurzer Zeit zur Zerstörung der Verbindung führt.

Es ergibt sich daraus, wie eine an sich unerwünschte Materialdehn-

- 5 -

- 5 -

haft durch geeignete Lenkung der Kraftwirkung nutzbar verwendet werden kann. Allerdings muß in diesem Zusammenhang auf eine Gefahr hingewiesen werden, die aus dem Anwachsen der Druckspannung, über die Festigkeitsgrenze des keramischen Materials hinaus, entsteht. Die eigentliche Gefahr liegt nicht in der Druckbeanspruchung selbst, die verhältnismäßig leicht in zulässigen Grenzen gehalten werden kann, sondern in der aus der Druckspannung resultierenden Zugspannung, die in der Keramikoberfläche längs der Lötanten in axialer Richtung wirkend, hervorgerufen wird (Fig.1a). Da die Zugfestigkeit gering ist, neigt die Keramik an diesen Stellen zu Risbildung, die je nach Tiefe, zu erheblicher Schwächung der Durchführung gegen äußere mechanische Beanspruchung führen kann. Schon kleine Stöße, senkrecht zur Achse einer derart vorbelasteten Durchführung, können den Bruch derselben herbeiführen. Die einzige Maßnahme, die hier Abhilfe schaffen kann, ist Herabsetzung der Druckspannung durch Querschnittsverkleinerung des Eisenringes.

Entwicklung der Hülseform.

Wie im Vorhergehenden die Auswirkung der durch wechselnde Temperaturen hervorgerufenen Materialspannung auf eine Lötung untersucht, und für die Bemessung des Eisenringes eine wesentliche Voraussetzung festgelegt wurde, sollen im folgenden Teil der Arbeit alle übrigen Ansprüche untersucht werden, die an die fertige Form der Eisenteile gestellt werden. Für die Durchführung genügt natürlich nicht der einfache Eisenring, wie in Fig.1 angegeben ist. Die Weiterverarbeitung der Durchführung erfordert für den vakuumdichten Anschluß an das Gefäß eine einseitige hülsenförmige Verlängerung des Eisenringes. Die Länge muß so bemessen sein, daß der an der fertigen Durchführung versuchende Schweißvorgang, die Lötung nicht gefährden kann. Die zweite Hülse wird schon vor dem Löten mit dem Gefäßanschlus verschweißt und kann dementsprechend kürzer als die erste Hülse sein. In Bereich der Lötung, also soweit die Hülsen die Keramik berühren, haben beide gleiche Form und Abmessungen. Für die Durchführung selbst ist eine zentrierte Einföhrung des Keramikrohrs erforderlich. Die zweite Hülse muß ein Anschlag für die Begrenzung der Einföhrung haben. Die zentrierte Föhrung wird zweckmäßig an

- 6 -

- 6 -

am liebsten weit auseinander liegenden Stellen vorgesehen, die gleichzeitig den Raum, in dem die eigentliche Lötzone sich geht. Zusammenfassend würde sich etwa eine Form nach Fig. 2 ergeben. Mit Rücksicht auf die Druckspannung die ja möglichst klein gehalten werden soll, darf die Hülsenwand in Höhe des Silberringes höchstens so stark werden, daß sie während der Drehbearbeitung und gegen äußere mechanische Beanspruchungen genügende Stabilität besitzt. In Fig. 5 sind Erfahrungswerte dafür angegeben.

Die Hülsenansätze für Führung und Zentrierung des Keramikzylinders würden den Querschnitt und damit die Druckspannung des Silbers unzulässig erhöhen, wenn sie sich unmittelbar zu beiden Seiten des Silbers befänden, sie werden deshalb in einem größeren Abstand von den Silberkanten vorgesehen. Auf diese Weise ergibt sich aus in Fig. 2 und 3 gezeichneten langen Lötraum, dessen Innenwand zu beiden Seiten des Silbers membranähnlich wirkt und schädliche Spannungen stärkerer Hülsenteile der Lötzone abhält. Diese schwebende Anordnung des Silberringes setzt eine besondere Vorbereitung des Lötraumes voraus. Würde nämlich in der skizzierten Anordnung Silber zum Schmelzen gebracht, dann würde es das Bestreben, auf den unteren Rand des Spaltes abzusinken und sich infolge der Oberflächenspannung auf kleinstem Raum einseitig zusammen zu ziehen. Dadurch wäre nicht allein die Membranwirkung des langen Lötraumes aufgehoben, sondern auch die Geschlossenheit des Silberringes in Frage gestellt. Beiden Umständen wird auf einfachste und sicher wirkende Weise abgeholfen, indem die Hülse innerhalb des Lötraumes überall dort mit einem keramikhaltigen Lack angestrichen wird, wo ein Festlöten des Silbers nicht erwünscht ist. Aus Gründen der besseren Wälterverarbeitung, ist der in die Hülse eingedrehte Lötraum durch Stufungen in drei Ringzonen unterteilt (Fig. 3), von denen die mittlere, die eigentliche Lötzone, metallisch blank geschliffen wird, während die zu beiden Seiten etwas vertieft liegenden Zonen mit dem Keramiklack überzogen werden. Die Wirkung dieser Maßnahme ist erstaunlich. Wenn ein gewisser Silberüberschuß vorhanden ist, der erfahrungsgemäß 50% der Menge betragen soll, die für die Ausfüllung des eigentlichen Lötspaltes bei 1000°C nötig ist, dann tritt ein starker Kapillardruck auf, der das Silber aus den nicht netzender Zonen heraus in die Lötzone presst und

- 7 -

- 7 -

die Geschlossenheit des Ringes garantiert. Solange die Breite des Lötspaltes eine gewisse Größe nicht überschreitet, genügt derselbe Kapillardruck, um den flüssigen Silberring in Höhe der Lötzone schwebend zu halten. Das Gelingen der Lötung ist damit praktisch unabhängig von der Raumlage der Durchführung während des Lötvorganges.

Spezial über die prinzipielle Seite der Hülseform. Darüber hinaus haben die Abmessungen des Lötspaltes und die verwendete Silbermenge einen wesentlichen Einfluß auf das Gelingen der Lötung. Zunächst ist man versucht anzunehmen, daß ein möglichst enger Spalt die Kapillarkraft erhöht und den Silberbedarf herabsetzen würde. Beides ist erwünscht, aber auf diesem Wege nur teilweise erreichbar. Je enger nämlich der Lötspalt ist, umso mehr wird die Oberflächenspannung des Silbers von feinem Staub und anderen unkontrollierbaren Verunreinigungen beeinflusst, die das flüssige Metall am Ausfüllen des Hohlraumes zu hindern suchen. Das Verhalten des Silbers ist in diesem Falle mit dem von gereinigtem Quecksilber vergleichbar, auch dieses weicht von den Hohlräumen aus und widerstrebt der Wiedervereinigung abgewandter Teile. Wie weit Ausscheidungen der Keramik bei hoher Temperatur an der Verunreinigung der Silberoberfläche beteiligt sind, konnte noch nicht geklärt werden. Fest steht nur, daß die Verunreinigungen teilweise stärker in Erscheinung traten.

Versuchslötungen mit einer Spaltbreite von 0,2 mm haben aus den oben angeführten Gründen zu keinem Erfolg geführt; das Silber löst sich gleich beim Schmelzen in eine Anzahl Tropfen zusammen und verharrt in diesem Zustand. Versuche mit 0,4 mm Lötspaltbreite führten nur teilweise zu brauchbaren Ergebnissen; bei den unbrauchbaren Lötungen war der Silberring nicht geschlossen und alle Anzeichen deuteten darauf hin, daß auch hier der Kapillardruck Störungen der genannten Art unterlegen ist. Erst Spaltbreiten über 0,4 mm machen das Gelingen der Lötung unabhängiger von zufälligen Unreinheiten der Silberoberfläche. Die obere Grenze der Spaltbreite ist durch das Anwachsen der Schwerkraft gegenüber dem Kapillardruck gegeben. Bei Spaltbreiten von über einem Millimeter überwiegt meist die Schwerkraft und das flüssige Metall fällt aus dem Lötspalt heraus.

- 8 -

- 8 -

Die fabrikatorisch hergestellten Durchführungen der AEF ist ein Silberband von 0,5 mm Stärke und eine Spaltbreite der Hülse von 0,5 mm angewendet worden. (Erfahrungsgemäß ist für das reibungslose Einbringen des Silberbandes beim Zusammensetzen der Durchführung, ein Spielraum von 0,05 bis 0,1 mm ausreichend). Die Spaltbreite von 0,5 mm ist praktisch erprobt und hat einen engen Spalt gegenüber nicht nur den Vorteil der geringeren Empfindlichkeit gegen zufällige Verunreinigungen der Silberoberfläche, sondern auch gegen Maßabweichungen des Löttraumdurchmessers, die bei Massenherstellung nicht zu vermeiden sind. Maßabweichungen des Lötspaltes müssen außerdem durch Toleranzangaben für Hülse und Keramik festgelegt sein, denn die Größe des Lötspaltvolumens ist bestimmend für den Silberbedarf. Wie die Erfahrung gelehrt hat, ist für die Erzeugung ausreichender Kapillarkräfte ein Silberüberschuß von mindestens 50% notwendig. Diese 50% gelten für den Augenblick des Lötens, also bei etwa 1000°C, und müssen jeweils unter Berücksichtigung der Materialausdehnungen errechnet werden. Wie stark das Lötspaltvolumen temperaturabhängig ist, wird in Fig.6 veranschaulicht. Außerdem ist an diesem Diagramm von Interesse, daß etwa oberhalb der 0,5 mm Durchmessergränze, die Vergrößerung des Lötspaltes auf über 1 mm, das Gelingen der Lötung in Frage stellt. Wobei noch zu berücksichtigen ist, daß dieser Wert nur für den Idealfall gilt, wenn der Keramikzylinder gut zentriert in der Hülse gefertigt wird. Bei hohen Temperaturen ist die Zentrierung wegen der Vergrößerung des Hülsendurchmessers nicht mehr gegeben, es treten oft exzentrische Verschiebungen auf, die den Spalt einseitig erheblich über den theoretischen Wert hinaus vergrößern können. Man ersieht hieraus die dem Lötverfahren gesetzte Durchmesserbegrenzung, solange die Hülse nicht aus einer Legierung mit kleinerer Wärmeausdehnung gefertigt wird. Die aus den Werten in Fig.5 und 6 errechnete Silbermenge, zuzüglich 50%, ist in Tab.1 in Spaltenbreite umgerechnet aus Fig.7 zu entnehmen.

Im Dauerbetrieb des Entladungsgefäßes ist ein Schutz der einseitigen Silberkante gegen die Einwirkung von Quecksilber notwendig. Zu diesem Zweck erhalten die Hülsen eine Nut für die Aufnahme eines Dichtungsringes (Fig.3). Die Nut erhält als Füllmasse aus Silberpulver und Talkum hergestellte Masse. In verfestigtem Zustand wirkt die Masse als Filter gegen Quecksilber-

- 9 -

- 9 -

..., indem die fein verteilten Silberteilchen jede Spur von Silber schwammförmlich aufnehmen und als Amalgam binden. Hierseits bildet der Dichtungsring infolge seiner Porosität ein Hindernis für das Evakuieren des Löttraumes.

Die lange Hülse ist in ihrem unteren Teil, zwischen Anschlag und Schweißkante (Fig.4), dünnwandig gehalten. Die dicke Hülse wand hat auch hier die Aufgabe, vom nachträglichen Schweißen hervorgerufene Verspannungen der unteren Kanallippen abzufangen und auf dem Wege zum oberen Hülseenteil abzubauen zu machen.

Bestandteileinstellung der Durchführungsteile.

Für die Anfertigung einer Durchführung sind folgende Teile erforderlich:

- a) 1 Keramikzylinder
- b) 1 lange Hülse
- c) 1 kurze Hülse
- d) 1 Kropfen
- e) 2 Lötmetallringe
- f) Keramiklack
- g) Lichtungsmasse für Hg-Dampf

Bemerkungen

Zu a) Der Keramikzylinder wird gebrauchsfertig unter der Bezeichnung "Frequenta, AS 42 oxydierend gebrannt" von der Firma Steatit Magnesia A.G., Bin.-Pankow, Flerstraße 8, geliefert.

Zu b) und c) Die Hülsen werden aus nahtlos gezogenem Eisenrohr von der Stange gedreht. Die Innenausdrehung (Löttraum bis einschließlich Anschlag) erfolgt mit einem Profilstahl. Der schmale Steg, der die Dichtungsmasse zum Löttraum hin abschließt, neigt beim Drehen mit dem Profilstahl zum Reißen; die Gefahr wird durch Abstreifen einer Kante beseitigt (Fig.3). Auf gute Haltbarkeit wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen.

- 10 -

- 10 -

zu d) Der Pfropfen wird aus gut durchgeschmiedetem, lunkerfreien Rundeisen gedreht. Zu beachten ist, daß das Gewinde genau in der Achse, und die Fläche am Gewindegang genau senkrecht zur Achse liegt. Erfolgversprechende Versuche der letzten Zeit hatten das Ziel, die kurze Hülse mit dem Pfropfen aus einem Stück zu "spritzen", d.h. glühendes Material unter hohem Druck in eine entsprechende Form zu pressen. Die Hülse wird auch in diesem Falle allseitig nachgearbeitet. Der Vorteil liegt in dem Fortfall der Schweißung mit all ihren unangenehmen Nebenerscheinungen und in der besseren Materialdichtigkeit; Lunker treten hier nicht mehr auf.

zu e) Der auf Länge geschnittene Streifen aus reinem Silber wird so um einen runden Hilfsdorn gebogen, daß seine Enden etwas auseinander federn. Hartgewaltes Silberblech kann für kleinere Durchmesser vorher ausgeglüht werden, es verarbeitet sich dann leichter und behält noch genügend Elastizität.

zu f) Der Keramiklack besteht aus

100 cm ³	Toluol
16 g	Styrol
55 g	Talkum

Das Styrol wird erst vollkommen im Toluol gelöst und dann das Talkum zugesetzt. Der getrocknete, ungebrannte Lack hat eine grau-weiße Färbung und eine Schichtdicke von etwa 0,08 mm. Das Bindemittel Styrol verdampft beim Lötprozeß ohne Rückstände zu hinterlassen, während die Talkumteilchen genügend fest aufgesintert werden, um den auftretenden Beanspruchungen gerecht zu werden.

zu g) Die Quecksilberdampf-Dichtungsmasse wird vor dem Gebrauch mit Wasser angerührt. Sie besteht aus

1 Raumteil	Silberpuder "T"
2 Raumteile	Talkum

Silberpuder "T" wurde bezogen von der Deutschen Gold- und Silber Scheideanstalt (Degussa), Hansa 8/Main.

- 11 -

SECRET

- 11 -

In Fig.4 sind sämtliche Teile der Durchführung zusammengestellt. Die AEG hat Durchführungen mit vier verschiedenen Keramikdurchmessern eingeführt, und zwar 16, 29, 39 und 60 mm. Die allgemeine Form ist bei allen vier Typen gleich, es ändern sich lediglich die Maße der Einzelteile. Diese sind aus folgenden Zeichnungen der Mf/Olf zu entnehmen:

Durchführung 16 mm Durchmesser.....	Zehng. Nr. 0-67619-10
Durchführung 29 mm Durchmesser.....	Zehng. Nr. 0-67619-18
Durchführung 39 mm Durchmesser.....	Zehng. Nr. 320144 320055
Durchführung 60 mm Durchmesser.....	Zehng. Nr. 320144
Maßangaben für sämtliche Keramikzylinder	Zehng. Nr. 281718

Wie in den Zeichnungen festgelegte Maße für Löttraum und Wandstärke entsprechen nicht immer dem neuesten Stande, sie sind mit den hier folgenden Maßangaben zu vergleichen und, falls erforderlich, entsprechend abzuändern.

1. Der Innendurchmesser der Lötzone errechnet sich für jede Type aus: Keramikdurchmesser + 1,2 mm (zweimal Lötspalt). Die Durchmesser der zu beiden Seiten liegender Zonen sind stets um 0,2 mm größer.
2. Der Außendurchmesser der Hülse errechnet sich aus dem Lötzonen-Innendurchmesser plus zweimal Wandstärke (s in Fig.5).
3. Die Breite der Lötzone (Spalthöhe h) ist aus Fig.6 zu entnehmen.
4. Die Toleranz des Lötzonen-Innendurchmessers beträgt für jede Type: Nennmaß -0,1 mm.
5. Die Streifenbreite des Silberbleches ist aus Fig.7 zu entnehmen.

- 12 -

- 12 -

Zusammenbau der Durchführung.Zusammensetzen des Durchführungskopfes.Die Schweißeinrichtung.

Das Verschweißen von Pfropfen und Hülse findet die in Fig. 8 bezeichnete Vorrichtung Verwendung. Sie besteht in der Hauptsache aus einem mit einer Grundplatte fest verbundenen Zentrierdorn, der an seinem der Platte zugekehrten Ende eine kurze Führung für die untere Hülsenkante besitzt. Am anderen Ende des Dornes befindet sich ein Gewindezapfen für das Aufschrauben des Pfropfens. Wichtig für die Anfertigung der Vorrichtung ist, daß der Gewindezapfen zentrisch zur Hülsenführung steht und beide Stirnflächen des Zentrierdornes planparallel zueinander gedreht sind. Die Grundplatte trägt außerdem Zentrierdorn, einen mit drei Schrauben befestigten Haltebügel, der über drei Laschen greifend, eine Schelle zum Festklemmen der Hülse so an die Grundplatte drückt, daß sie einige Millimeter auf der Grundplatten-Oberfläche verschiebbar bleibt. Ein flaches metallenes Wassergefäß auf einem kleinen Dreifuß stehend, vervollständigt die Schweißeinrichtung. Die Höhe des Wassergefäßes kann etwas über Hülsenlänge betragen, seine Oberfläche aber sollte nicht zu klein gewählt werden, weil größere Wassermengen weniger schnell heiß werden und entsprechend seltener erneuert werden brauchen. Bei Anfertigung größerer Stückzahlen ist die Verwendung von zwei Schweißvorrichtungen mit einem Wassergefäß zweckmäßig; während des Schweißens kann die zweite Vorrichtung schon neu bestückt werden. Jede Schweißvorrichtung ist nur für eine Durchmessergröße verwendbar.

Das Schweißen.

Nach einer Säuberung des Pfropfengewindes von Metallspänen, werden Pfropfen und kurze Hülse keiner besonderen Vorbereitung bedürftig. Zuerst wird die Hülse über die Führung des Zentrierdornes geschoben und so lange gegen die Grundplatte gedrückt, bis die Klemmschraube der Schelle angezogen und die Hülse festgeklemmt ist. Dann wird der Pfropfen auf den Gewindezapfen geschraubt (bis zur sicheren Auflage auf der Stirnfläche des Zentrierdornes!). Nachdem die Vorrichtung

- 13 -

- 13 -

den Wasserbehälter gestellt und dieser bis zu der in Fig. 8 angegebenen Höhe mit Wasser gefüllt ist, kann das Schweißen beginnen. Zweckmäßig ist normale Acetylschweißung. Die Wasserkühlung hält den profilierten Hülsteil während der Schweißung unter 100°C und verhindert damit das Verziehen und Versundern des Lötraumes. Nach dem Schweißen wird die Vorrichtung zwecks schnellerer Abkühlung in einem größeren Wasserbehälter abgeschreckt und das fertige Durchführungsstück, nach Lösen der Schelle, von dem Gewindezapfen abgewehrt und getrocknet.

c) Prüfen auf Achsrichtung und Glätten.

Das Prüfen des Oberteiles erstreckt sich auf axiale Ausrichtung der Hülse und auf Vakuumdichtigkeit. Für die erstgenannte Prüfung wird der in Fig. 9 angegebene, drehbar eingespannte Dorn verwendet. Das Oberteil wird mit seinem Gewinde auf den Dorn geschraubt und das Ganze in Umdrehung versetzt. Jetzt ist jedes Abweichen aus Achsrichtung durch Wackeln der Hülse deutlich sichtbar. Oberteile mit schief geschweißter Hülse rechnen zum Ausschuß, Verwendung derselben würde später einen schräg stehenden Anodenbolzen zur Folge haben.

Die brauchbaren Oberteile werden sofort nach der ersten Prüfung, mit derselben Einspannung und Umdrehung, an ihrer Schweißnaht mit einer Feile überarbeitet, bis das unregelmäßig über den Hülsumfang hervorstehende Material geglättet und auf Hülsendurchmesser gebracht ist.

d) Die Abdrückvorrichtung.

Die zum Abdrücken der Oberteile benutzte Vorrichtung (Fig. 10) besteht aus zwei durch Rundisen zu einem Rahmen verbundenen Vierkantstücken, von denen das eine die handbetätigte Handschraube und das andere den Teller mit Schlauchanschluss führt. Der Teller ist mit einer Gummischeibe ausgelegt, die auf dem Nocken des mittels Handschraube aufgepreßten Oberteiles ruht. Tellerdurchmesser und Rahmengröße sind zweckmäßig für den größten verwendeten Hülsendurchmesser anzupassen, die Vorrichtung ist dann für sämtliche Typen verwendbar.

- 14 -

- 14 -

e) Das Abdrücken.

Das Abdrücken ist ein Mittel zum Feststellen größerer Undichtigkeiten, feinste Undichtigkeiten können hiermit nicht mehr mit Sicherheit erkannt werden. Das Abdrücken ist erforderlich, um leicht erkennbaren Ausschluß auszusondern, bevor er durch Verlöten mit den übrigen Durchführungsteilen größeren Verlust an Material und Arbeitszeit hervorrufen kann. Das Oberteil wird in der gezeichneten Lage nach Fig. 10 auf die Gummischeibe gepreßt und an Druckluft von 6 atü angeschlossen. Dann wird das Oberteil an Pfropfen und Schweißnaht mit Nokal-Lösung bestrichen. Über Undichtigkeiten bildet sich in kurzer Zeit eine Ansammlung von kleinen Schaumbildchen.

2. Vorbereitung des Hülsen-Löttraumes.

(Die Angaben gelten für den Durchführungskopf mit der kurzen Hülse und für die lange Hülse).

a) Präparieren mit Keramiklack.

Die Hülse wird in das Futter einer Drehspindel gespannt und mit 6 bis 10 U/sec in Umdrehung versetzt. Dann wird mit einem kleinen Haarpinsel der Keramiklack so auf die beiden Zonen neben der Lötzone aufgetragen, daß er im getrockneten Zustand als gleichmäßige grau-weiße Schicht die Zonen mit den anschließenden Keramik-Führungsstegen lückenlos bedeckt. Ungehobenes Anstreichen der Lötzone spielt keine Rolle. Die Anstrichstärke im ungetrockneten Zustand ist erfahrungsgemäß, Angaben können darüber nicht gemacht werden. Nach dem Trocknen wird die Hülse auf derselben Drehspindel an den Stellen ausgeschabt, die nicht von Lack bedeckt sein dürfen. Das Ausschabens geschieht mit der schwach gekrümmten Kante eines Dreikantschabers (Fig. 11). Zunächst wird mit ihm die Lötzone über ihre ganze Breite metallisch blank geschabt, es dürfen auf ihr nicht die geringsten Spuren von Lack, oder anderen Unreinheiten zurück bleiben! Befinden sich auf der Lötzone feine, mit den genannten Unreinheiten ausgefüllte Vertiefungen, dann müssen dieselben, auch unter Inkaufnahme geringer Eisenschichtverluste, mit dem Schaber ausgeschabt werden. Bei geschickter Handhabung verhindert die Krümmung der Schaberkante eine Verletzung der etwa in gleicher Höhe

- 15 -

- 15 -

liegenden Lackschichten zu beiden Seiten der Lötzone. Als letzte Schabearbeit werden die Keramik-Führungskanten von Lack gekübert, das ist besonders wichtig für die vordere Kante, da sonst beim Einschleiben des Keramikzylinders, für den Löttraum Verunreinigungs-Gefahr besteht.

b) Einbringen der Quecksilberdampf-Dichtung.

Die kurz vor dem Gebrauch mit Wasser angerührte Dichtungsmasse wird mit dem in Fig.12 gezeichneten Spachtel Stückweise in die Nut gebracht, bis der Ring vollständig geschlossen ist und die Masse etwas über die Kanten der Nut hinausragt. Auf keinen Fall dürfen dabei Masseteilchen in den Löttraum gelangen! Aus diesem Grunde soll auch das Einsetzen der Keramik bald nach dem Kitten erfolgen, d.h. solange die Masse noch nicht trocken ist.

Für das Einbringen der Masse wäre eine kleine Handpresse sehr zeitsparend. Mit ihr könnte ein richtig im Durchmesser abgestimmter Strang aus Dichtungsmasse, unter langsamer Drehung der Nülse in die Nut gelegt werden. Mit dem Spachtel wäre nur noch die Einkerbung des Stranges zu vollziehen. Verfahren mit einer solchen Einrichtung sind noch nicht ausgearbeitet worden.

c) Einbringen des Silberrings.

Die Nülse in die linke und den Silberring in die rechte Hand nehmen. Dann werden die Enden des Ringes mit leichtem Druck ineinander gebracht, daß er durch die vordere Öffnung der Nülse geschoben werden kann. Im Moment, wenn der Ring, bei richtig abgepaßter Nülse, unter leichtem Nachdrücken soweit auf, daß er sich aufeinander liegen. Dieses "Einschnappen" der Ringenden geschieht meist durch ein knackendes Geräusch. Wenn es nicht erfolgt, oder überhaupt nicht auftritt, sind die Ringenden unbedingt zu entfernen. Nach dem Entfernen der Streifen muß aber sehr benutzbar gemacht werden, damit die Lackschicht des Löttraumes nicht abgerieben wird. Ebenso ist darauf zu achten, daß der Ring nicht die Dichtungsmasse berührt und in den Löttraum verschleppt werden.

- 16 -

- 16 -

3. Drücken der Hülsen auf die Keramik.

a) Die Druckvorrichtung.

Die Druckvorrichtung (Fig.13) besteht aus einem T-Eisenständer mit hebelbewegtem, zylindrisch geführtem Stempel und einem Tisch. Der Ständer ist mit seinem rechtwinklig angesetzten Fuß auf dem Arbeitstisch festgeschraubt. Er trägt an seinem oberen Teil den Drehpunkt eines Handhebels und die zylindrische Stempelführung. An seinem unteren Teil ist ein Tisch befestigt, dessen Oberfläche senkrecht zur Stempelachse steht und in Richtung der Stempelachse eine Bohrung besitzt. Der Stempel ist über ein Gelenk mit dem Handhebel verbunden und kann mit diesem auf und nieder bewegt werden. Die Hebelkraftübersetzung ist etwa 1:5. Im unteren Ende des Stempels befindet sich ein Gewinde zur Aufnahme des Druckkopfes. Der Druckkopf überträgt den Druck des Stempels auf die obere Pfropfenfläche des Durchführungs-Oberteiles und gibt gleichzeitig der Hülse axiale Führung. Für jede Durchführungs-Type ist ein besonderer Druckkopf notwendig. Die Bohrung in der Tischplatte ermöglicht das schnelle und zentrierte Ausschalen der aufsteckbaren Druckplatten (Fig.13a). Die Druckplatten dienen zum zentrierten und senkrechten Aufstellen der langen Hülsen und der Keramikzylinder. Es werden für jede Durchführungs-Type zwei Platten gebraucht und zwar eine für den Außendurchmesser der Hülsen-Schweißkante und die andere für den Außendurchmesser des Keramikzylinders passend. Die Druckplatten sind mit einem weichen Material (Pappe) ausgelegt um Beschädigungen der unteren Hülsenkante, bzw. des Keramikzylinders zu vermeiden.

b) Die Schritte.

Auf dem Tisch der Druckvorrichtung wird zuerst die Druckplatte für die Keramik eingesetzt und ein staubfreier Keramikzylinder darauf gestellt. Dann nimmt man ein Durchführungs-Oberteil (mit Silbereinlage und frischer Dichtungsmasse) und drückt es mit der Hand leicht nach oben in den eingeschraubten Druckkopf. Mit der anderen Hand bedient man den Hebel und drückt nun das Oberteil bis zum Anschlagsteig auf den Keramikzylinder. Sind sämtliche Oberteile aufgedrückt, dann wird die Druckplatte für die langen Hülsen eingesetzt und

- 17 -

- 17 -

mit demselben Druckkopf Oberteil und Keramik zusammen in die
Hülse gedrückt. Diese Reihenfolge ist am zweckmäßigsten,
weil man für beide Druckvorgänge nur einen Druckkopf braucht.
Beim Zusammendrücken ist es erwünscht, wenn der Keramikzylinder
den feuchten überstehenden Kitt vor sich her bis an den
Anschlagtag schiebt; hier richtet er keinen Schaden an und
man hat die Gewissheit, daß die Dichtungsmasse in der Nut eng
an der Keramik anliegt.

c) Lackieren der zusammengesetzten Durchführung.

Um zu vermeiden, daß das flüssige Silber von einer blanken
Führungskante angezogen und von der Schwerkraft begünstigt,
den Weg aus dem Lötraum heraus nach außen findet, wird die
zusammengesetzte Durchführung an den beiden äußeren überaus-
stellen Eisen-Keramik, mit Keramiklack bestrichen. Zu diesem
Zweck wird die Durchführung in das Futter der Drehschindel
gespannt und der Lackpinsel an die genannten Stellen gehalten.

Nach diesem Arbeitsgang ist die Durchführung einbaufertig
für den Lötoven.

28-Hg 102 a

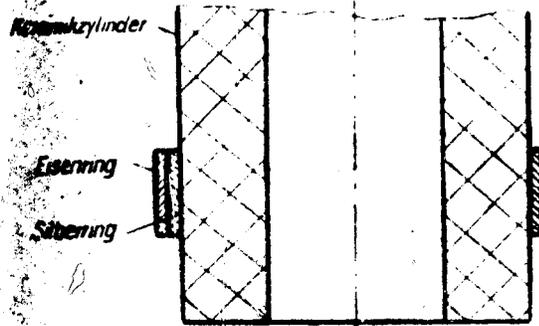


Fig. 1

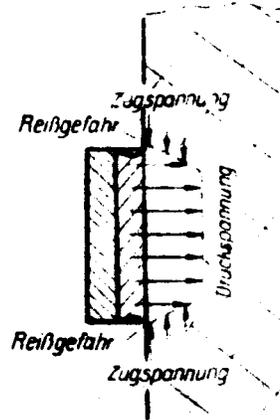


Fig. 1a

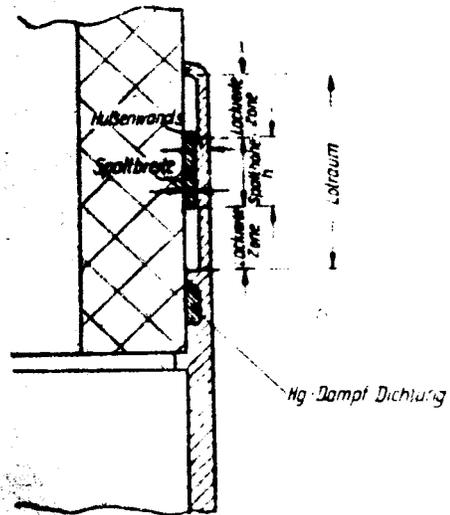
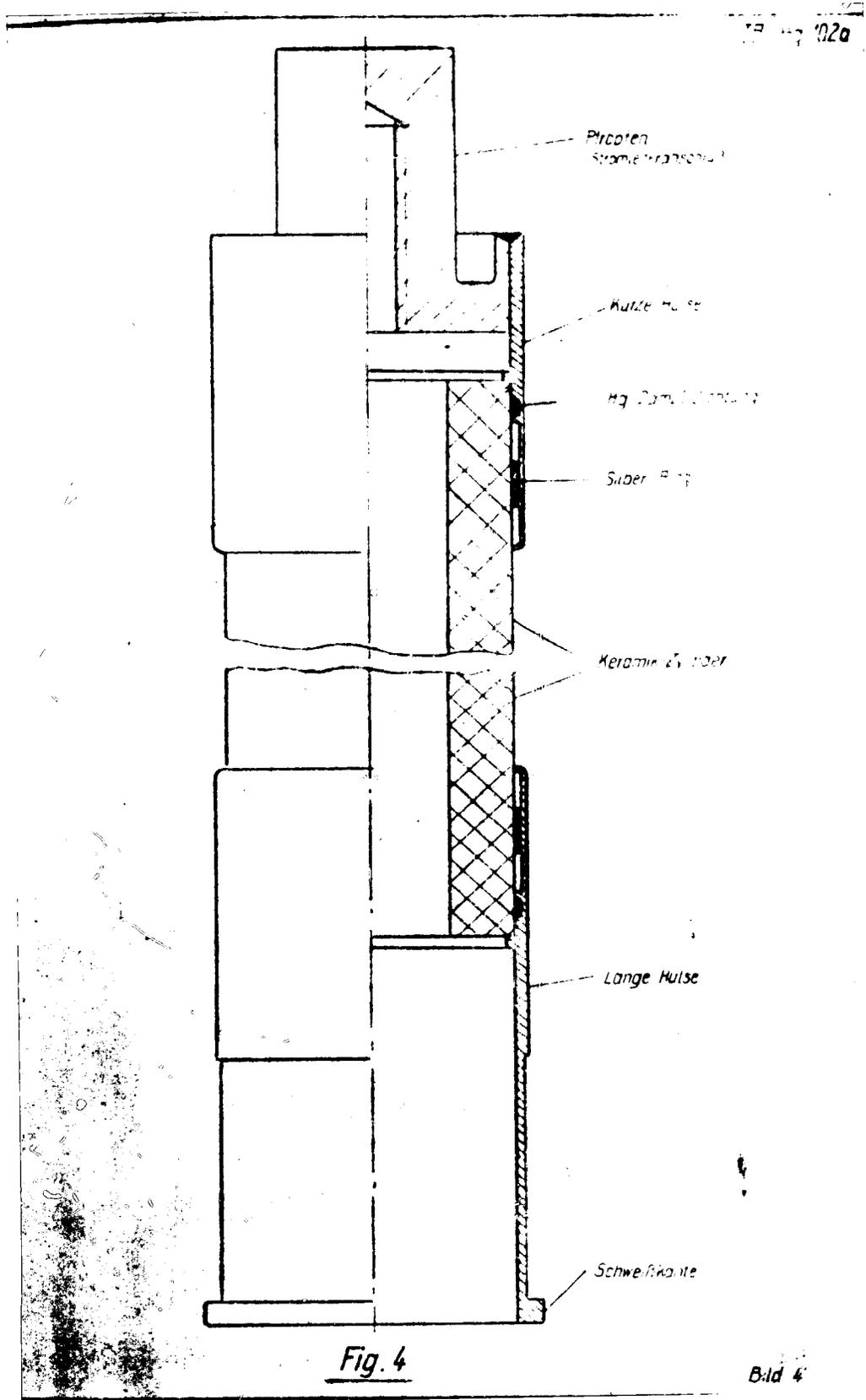


Fig. 3

Bild 1-3



15-Hg 102a

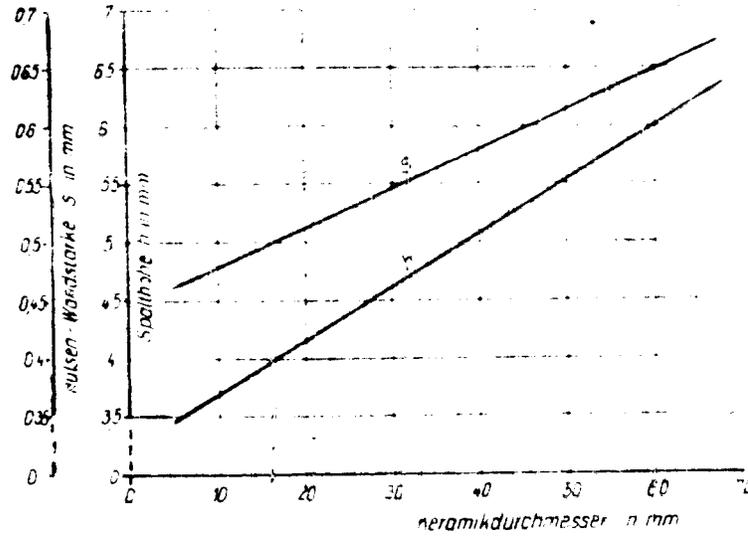


Fig 5

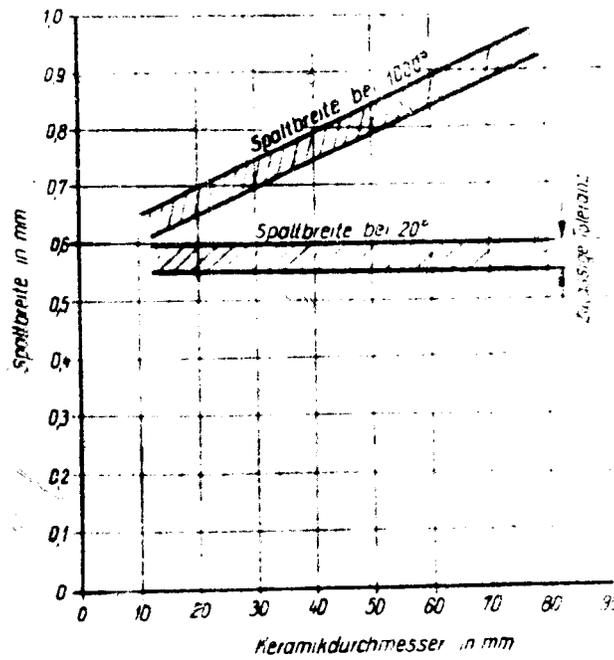


Fig 6

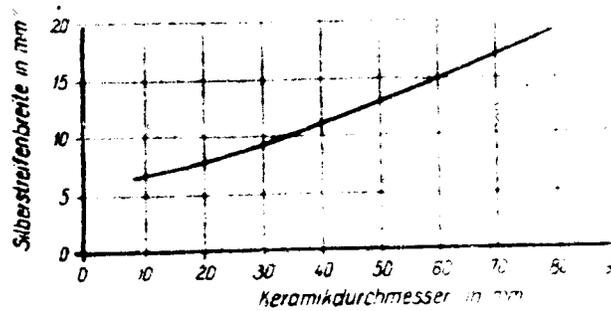


Fig 7

3.3 5-7

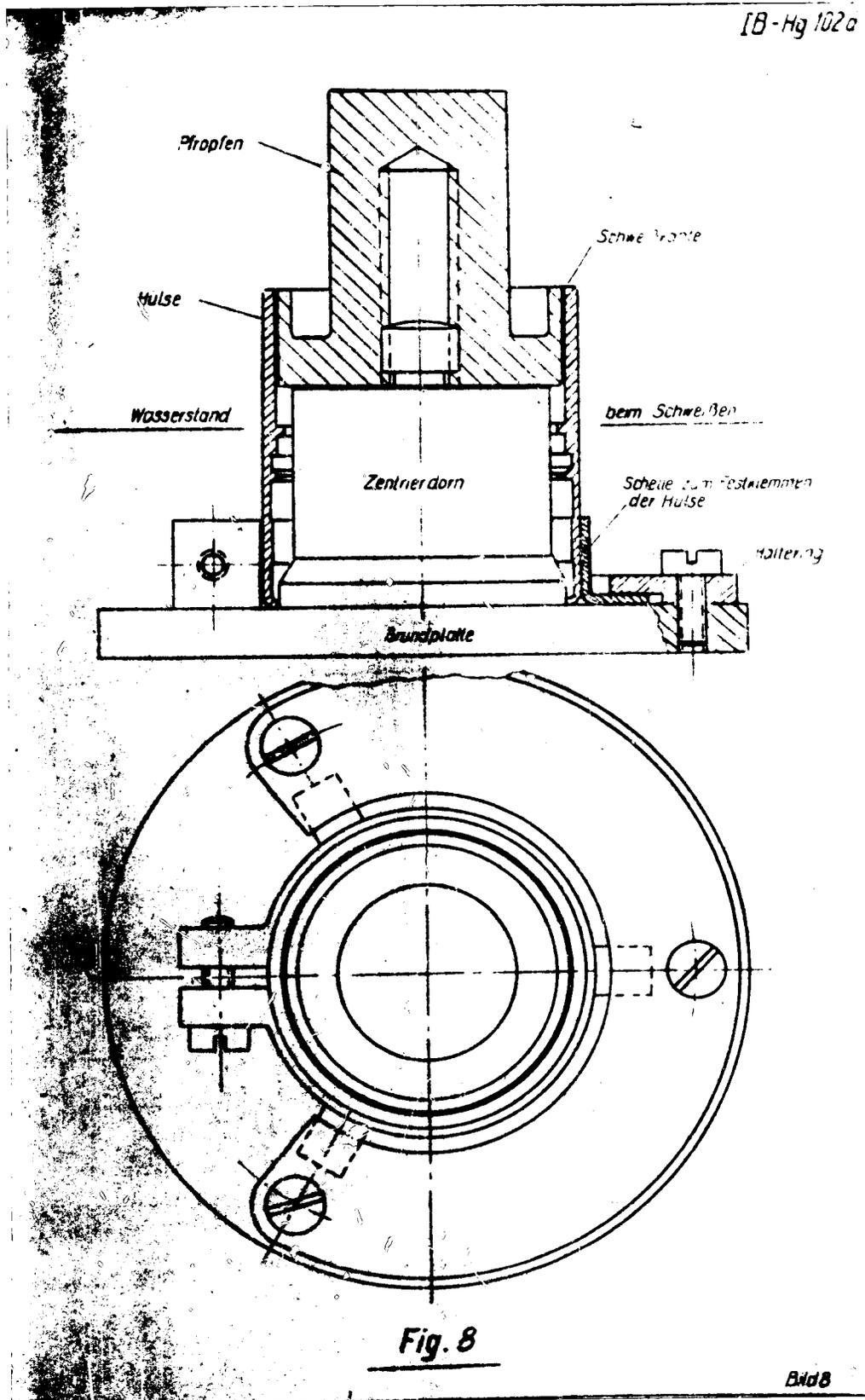


Fig. 10a

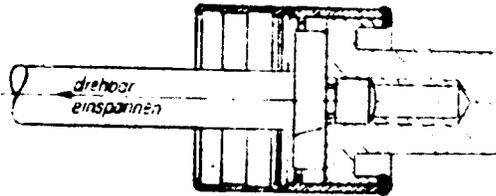


Fig. 9

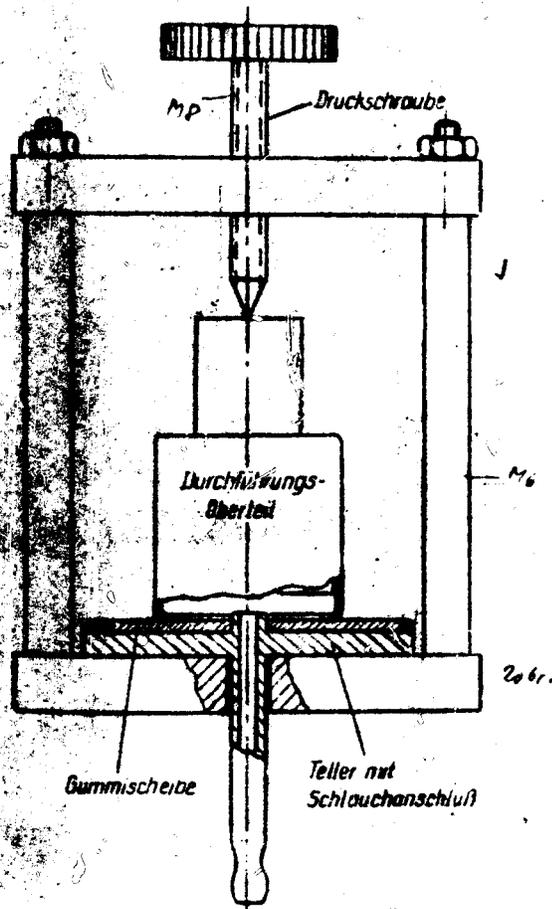


Fig. 10

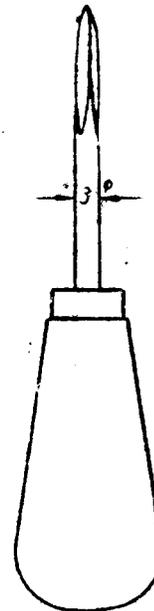


Fig. 11



Fig. 12

3 3 12

Bild 1025

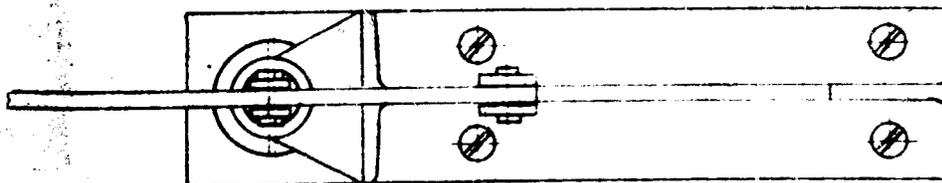
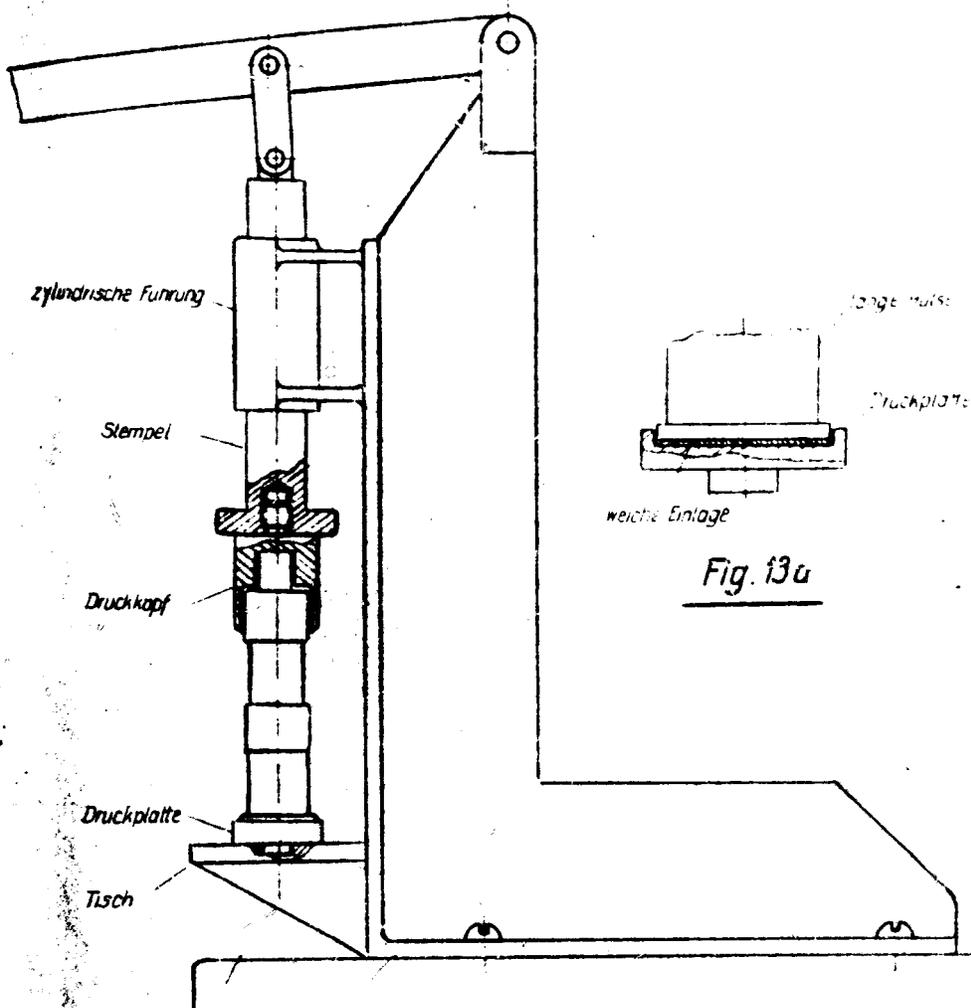


Fig. 13

Bild 13